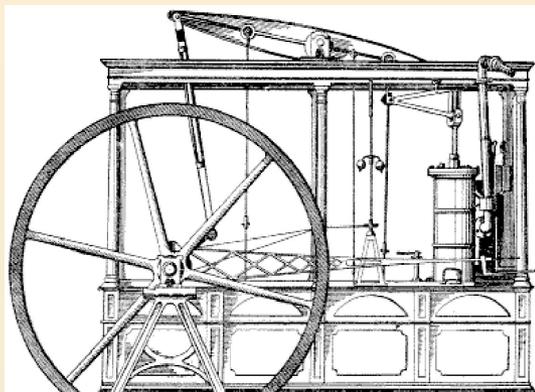


# Детали и механизмы машин



Паровая машина  
УАТТА 1774г.

Современное общество отличается от первобытного использованием машин.

Применение предметов, усиливающих возможности рук (палки, камни), и особенно освоение дополнительных источников энергии (костер, лошадь) не только позволило человечеству выжить, но и обеспечило в дальнейшем победу над превосходящими силами природы. Жизнь людей, даже самых отсталых племён, теперь немыслима без различных механических устройств и приспособлений (*греч. "Механа" – хитрость*).

И хотя различные механические хитрости использовались уже в древнем Египте при строительстве пирамид, всерьез говорить о применении машин можно лишь с эпохи промышленной революции XVIII века, когда изобретение паровой машины дало гигантский технологический рывок и сформировало современный мир в его нынешнем виде. С тех же пор наметились основные закономерности устройства и функционирования механизмов и машин, сложились наиболее рациональные и удобные формы их составных частей - деталей. В процессе механизации производства и транспорта, по мере увеличения нагрузок и сложности конструкций, возросла потребность не только в интуитивном, но и в научном подходе к созданию и эксплуатации машин.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**ДЕТАЛЬ** – (*франц. detail – кусочек*) – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (ГОСТ 2.101-68).

**ЗВЕНО** – группа деталей, образующая подвижную или неподвижную относительно друг друга механическую систему тел.

**СБОРОЧНАЯ ЕДИНИЦА** – изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе посредством сборочных операций (ГОСТ 2.101-68).

**УЗЕЛ** – законченная сборочная единица, состоящая из деталей общего функционального назначения.

**МЕХАНИЗМ** – система деталей, предназначенная для передачи и преобразования движения.

**АППАРАТ** – (*лат. apparatus – часть*) прибор, техническое устройство, приспособление, обычно некая автономно-функциональная часть более сложной системы.

**АГРЕГАТ** – (*лат. aggrego – присоединять*) унифицированный функциональный узел, обладающий полной взаимозаменяемостью.

**МАШИНА** – (*греч. "Машина" – огромная, грозная*) система деталей, совершающая механическое движение для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения труда. Машина характерна наличием источника энергии и требует присутствия оператора для своего управления. Проницательный немецкий экономист К. Маркс заметил, что всякая машина состоит из двигательного, передаточного и исполнительного механизмов.

**АВТОМАТ** – (*греч. "Аутоматос" – самодвижущийся*) машина, работающая по заданной программе без оператора.

**РОБОТ** – (*чешск. robot – работник*) машина, имеющая систему управления, позволяющую ей самостоятельно принимать исполнительские решения в заданном диапазоне.

# Требования к машинам и критерии их качества

Поскольку человеку свойственно хотеть всего и сразу, то требования к машинам многообразны и часто противоречивы, однако их можно условно разделить на основные взаимосвязанные группы:

- технологические требования;
- экономические требования;
- эксплуатационные требования.

Качество машины, т.е. её максимальное соответствие всем требованиям невозможно без неустанного внимания инженера на всех стадиях "жизни" машины. Качество накладывается на стадии проектирования, обеспечивается на стадии производства и поддерживается в процессе эксплуатации. Степень соответствия требованиям характеризуют критерии качества (*греч. "крит эрион" – узкое место*) – некие конкретные параметры (*греч. «пара мэтрос" – измеряемый*), т.е. измеряемые или вычисляемые величины. Однако известно, что полное удовлетворение всех требований-абсолютно невыполнимая задача, поэтому всегда приходится идти на компромисс, обозначая главные требования и обеспечивая соответствующие им критерии качества. Отметим поэтому лишь основные **требования** к деталям и машинам:

**ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ** – изготовление изделия при минимальных затратах труда, времени и средств при полном соответствии своему назначению.

**ЭКОНОМИЧНОСТЬ** – минимальная стоимость производства и эксплуатации.

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ** – состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции.

**НАДЁЖНОСТЬ** – свойство объекта сохранять во времени способность к выполнению заданных функций (ГОСТ 27.002-83).

**Основными критериями качества машин** считают:

**МОЩНОСТЬ** – скорость преобразования энергии;

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ** – объём работы (продукции, информации), выполняемой за единицу времени;

**КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ** – доля дошедшей до потребителя энергии (мощности);

**ГАБАРИТЫ** – предельные размеры;

**ЭНЕРГОЁМКость** - расход топлива или электричества отнесённый к объёму работы (пройденному расстоянию, произведённой продукции);

**МАТЕРИАЛОЁМКость** – количество конструкционного материала машины, обычно отнесённого к единице мощности;

**ТОЧНОСТЬ** – способность максимально соответствовать заданному положению (скорости и т.п.);

**ПЛАВНОСТЬ ХОДА** – минимальные ускорения при работе машины.

# Условия нормальной работы деталей и машин

Успешная работа деталей и машин заключается в обеспечении работоспособности и надёжности.

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ** деталей и машин определяется, как свойство выполнять свои функции с заданными показателями и характеризуется следующими **критериями**:

**ПРОЧНОСТЬ** – способность детали сопротивляться разрушению или необратимому изменению формы (деформации);

**ЖЁСТКОСТЬ** – способность детали сопротивляться любой деформации;

**ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ** – способность сохранять первоначальную форму своей поверхности, сопротивляясь износу;

**ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ** – способность сохранять свои свойства при действии высоких температур;

**ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ** – способность работать в нужном диапазоне режимов без недопустимых колебаний.

**НАДЁЖНОСТЬ** определяется как свойство детали и машины выполнять свои функции, сохраняя заданные показатели в течение заданного времени и, по существу, выражает собой перспективы сохранения работоспособности.

В процессе работы детали и машины подвергаются не только расчётным нагрузкам, которые конструктор ожидает и учитывает, но и попадают во внештатные ситуации, которые очень трудно предусмотреть, как, например, удары, вибрация, загрязнение, экстремальные природные условия и т.п. При этом возникает **отказ** – утрата работоспособности вследствие разрушения деталей или нарушения их правильного взаимодействия. Отказы бывают полные и частичные; внезапные (поломки) и постепенные (износ, коррозия); опасные для жизни; тяжёлые и лёгкие; устранимые и неустраняемые; приработочные (возникают в начале эксплуатации) и связанные с наличием дефектных деталей; отказы по причине износа, усталости и старения материалов.

Надёжной можно считать машину, имеющую следующие **свойства**:

**БЕЗОТКАЗНОСТЬ** – способность сохранять свои эксплуатационные показатели в течение заданной наработки без вынужденных перерывов.

**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ** – способность сохранять заданные показатели до предельного состояния с необходимыми перерывами для ремонтов и технического обслуживания.

**РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ** – приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей посредством техобслуживания и ремонта.

**СОХРАНЯЕМОСТЬ** – способность сохранять требуемые эксплуатационные показатели после установленного срока хранения и транспортирования.

При всей значимости всех описанных критериев, нетрудно заметить, что **ПРОЧНОСТЬ ЯВЛЯЕТСЯ ВАЖНЕЙШИМ КРИТЕРИЕМ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И НАДЁЖНОСТИ.**

# КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Не существует абсолютной, полной и завершённой классификации всех деталей машин, т.к. конструкции их многообразны и, к тому же, постоянно разрабатываются новые.

Для ориентирования в бесконечном многообразии детали машин классифицируют на **типовые:**

**ПЕРЕДАЧИ** передают движение от источника к потребителю.

**ВАЛЫ** и **ОСИ** несут на себе вращающиеся детали передач.

**ОПОРЫ** служат для установки валов и осей.

**МУФТЫ** соединяют между собой валы и передают вращающий момент.

**СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ (СОЕДИНЕНИЯ)** соединяют детали между собой.

**УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ** смягчают вибрацию и удары, накапливают энергию, обеспечивают постоянное сжатие деталей.

**КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ** организуют внутри себя пространство для размещения всех остальных деталей, обеспечивают их защиту.

# ПЕРЕДАЧИ

Современные машины приводятся в движение главным образом топливными и электрическими двигателями. В силу специфики законов термодинамики и электромагнетизма, эти двигатели более быстроходны, чем было бы удобно для человека, к тому же их скорость сложно и плохо регулируется. Возникает необходимость согласования режимов работы двигателя и исполнительного органа, с которым, собственно, и имеет дело оператор. Для этого созданы передачи. **Механическими передачами** или просто передачами называются механизмы, которые преобразуют параметры движения от двигателя к исполнительным органам машины. Механическая энергия передаётся, как правило, с преобразованием скоростей и вращающих моментов, а иногда с преобразованием вида и закона движения.

Передачи по принципу работы разделяются на:

Передачи зацеплением:

- с непосредственным контактом (зубчатые и червячные);
- с гибкой связью (цепные, зубчато-ременные).

Передачи **трением (сцеплением)** трущихся поверхностей):

- с непосредственным контактом поверхностей (фрикционные);
- с гибкой связью (ременные).

# ПЕРЕДАЧИ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Передают движение с помощью последовательно зацепляющихся зубьев .

## *ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ*



А) прямозубая



Б) Косозубая



В) Шевронная

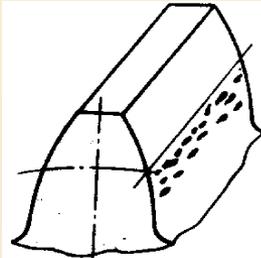


Г) Внутренняя

Косозубые колёса (более 30%) имеют большую плавность хода и применяются для ответственных механизмов при средних и высоких скоростях. Шевронные колёса имеют достоинства косозубых колёс плюс уравновешенные осевые силы и используются в высоконагруженных передачах. Колеса внутреннего зацепления вращаются в одинаковых направлениях применяются обычно в планетарных передачах.

## Критерии расчёта эвольвентных зубьев

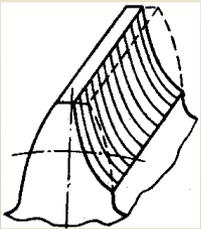
Поскольку колёса в зацеплении взаимодействуют своими зубьями, то весьма часто в эксплуатации наблюдаются различные повреждения их рабочих поверхностей.



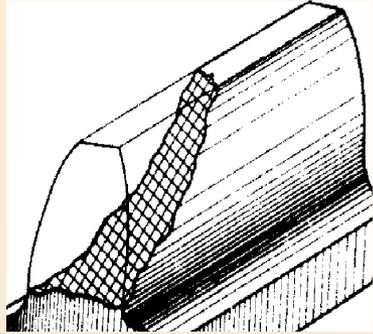
**Усталостное выкрашивание** является наиболее серьёзным и распространённым дефектом поверхности зубьев даже для закрытых хорошо смазываемых и защищённых от загрязнения передач. На рабочих поверхностях появляются небольшие углубления, которые затем превращаются в раковины. Выкрашивание носит усталостный характер.

Выкрашивание приводит к повышению контактного давления и нарушению работы передачи. В открытых передачах поверхностные слои истираются раньше, чем в них появляются усталостные трещины, поэтому выкрашивание появляется весьма редко.

Для предупреждения выкрашивания необходимо повышать твёрдость материала термообработкой либо повышать степень точности передачи, а также правильно назначать размеры из расчёта на усталость по контактным напряжениям.



**Абразивный износ** является основной причиной выхода из строя передач при плохой смазке. Это, в первую очередь, открытые передачи, а также закрытые, но находящиеся в засорённой среде: в горных, дорожных, строительных, транспортных машинах. У изношенных передач повышаются зазоры в зацеплении и, как следствие, усиливаются шум, вибрация, динамические перегрузки; искажается форма зуба; уменьшаются размеры поперечного сечения, а значит и прочность зуба. Основные меры предупреждения износа – повышение твёрдости поверхности зубьев, защита от загрязнения, применение специальных масел. В расчёте на контактную выносливость абразивный износ учитывается занижением допускаемых контактных напряжений.



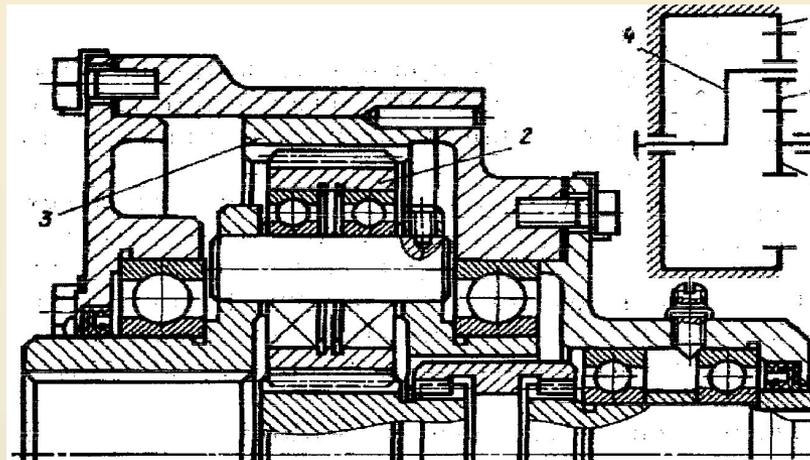
**Заедание** происходит в высоконагруженных и высокоскоростных передачах. В месте контакта зубьев возникает повышенная температура, приводящая к молекулярному сцеплению металла с последующим отрывом. Вырванные частицы затем царапают трущиеся поверхности. Обычно заедания происходят вследствие выдавливания масляной плёнки между зубьев при совместном действии высоких давлений и скоростей.

Меры предупреждения здесь те же, что и при абразивном износе. Рекомендуется также фланкирование зубьев, правильный выбор сорта масла и его охлаждение.

Другой, реже встречающийся, но не менее опасный вид поломок – **излом зуба**. Такая поломка связана с напряжениями изгиба, Излом зуба может привести к весьма тяжким последствиям вплоть до разрушения валов и подшипников, а иногда и всего механизма. Для предупреждения излома проводится расчёт зуба по напряжениям изгиба. Такой расчёт для закрытых передач выполняется в качестве проверочного после расчёта на контактные напряжения. Для открытых передач, где высока вероятность случайных перегрузок, этот расчёт выполняется как проектировочный. Усталостное выкрашивание, абразивный износ и заедание обусловлены **поверхностной прочностью**, а излом – **объёмной прочностью** зубьев. Поскольку поверхностные повреждения – главный вид поломок для закрытых передач, то расчёт на контактную выносливость выполняют в качестве проектировочного; расчёт на изгиб – в качестве проверочного. Для открытых передач всё наоборот, т.к. режим работы временный или даже разовый, а перегрузки значительные.

## ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Планетарными называют передачи, имеющие зубчатые колёса с перемещающимися осями. Эти подвижные колёса подобно планетам Солнечной системы вращаются вокруг своих осей и одновременно перемещаются вместе с осями, совершая плоское движение, называются они сателлитами (*лат. satellitum – спутник*). Подвижные колёса катятся по центральным колёсам (их иногда называют солнечными колёсами), имея с ними внешнее, а с корончатым колесом внутреннее зацепление. Оси сателлитов закреплены в водиле и вращаются вместе с ним вокруг центральной оси.

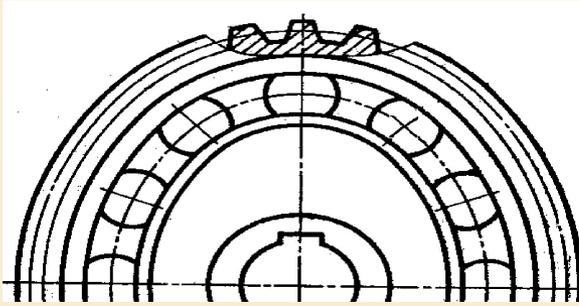


Планетарная передача: 1- солнечное колесо, 2 - сателлиты, 3- корончатое колесо, 4 – водило

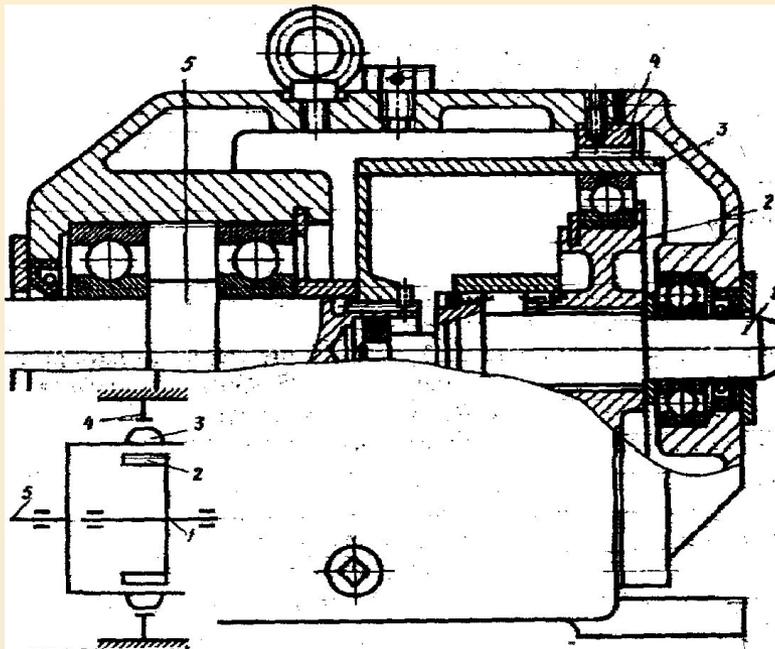
Планетарные передачи имеют ряд преимуществ перед обычными:

- большие передаточные отношения при малых габаритах и массе;
- возможность сложения или разложения механической мощности;
- лёгкое управление и регулирование скорости;
- малый шум вследствие замыкания сил в механизме.

# ВОЛНОВЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ



Представляют собой цилиндрические передачи, где одно из колёс имеет **гибкий венец**. Этот гибкий венец деформируется генератором волн специальной некруглой формы и входит в зацепление с центральным колесом в двух зонах. Идея волновых передач заключается в наличии нескольких пар зацепления, которые ещё и перемещаются по окружности, за счёт чего достигается огромное передаточное отношение (обычно  $U$  60 , 300, известны конструкции с  $U > 1000$ ). Принцип работы волновой передачи аналогичен работе планетарной передачи с внутренним зацеплением и деформируемым сателлитом.



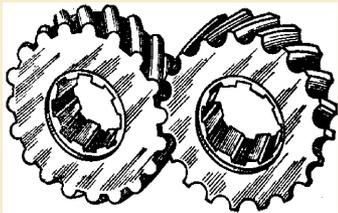
Волновые передачи имеют меньшие массу и габариты, большую кинематическую точность, меньший мёртвый ход, высокую вибропрочность за счёт демпфирования (рассеяния энергии) колебаний, создают меньший шум. При необходимости такие передачи позволяют передавать движение в герметичное пространство без применения уплотняющих сальников, что особенно ценно для авиационной, космической и подводной техники, а также для машин химической промышленности.

К недостаткам волновых передач относятся:

- ограниченные обороты ведущего вала (во избежание больших центробежных сил инерции некруглого генератора волн);
  - мелкие модули зубьев ( $1,5 - 2 \text{ мм}$ );
  - практически индивидуальное, дорогостоящее, весьма трудоёмкое изготовление гибкого колеса и генератора.
- Основные виды поломок волновых передач:
- разрушение подшипника генератора волн от нагрузки в зацеплении;
  - проскакивание генератора волн при больших вращающих моментах, когда зубья на входе в зацепление упираются друг в друга вершинами;
  - поломка гибкого колеса от трещин усталости (особенно при  $U < 80$ );
  - износ зубьев на концах;
  - пластические деформации боковых поверхностей зубьев при перегрузках.

# ЗАЦЕПЛЕНИЯ НОВИКОВА

Основной недостаток зубчатых передач с эвольвентным профилем (цилиндрических, конических, планетарных, волновых) – высокие контактные напряжения в зубьях. Они велики потому, что контактируют два зуба с выпуклыми профилями. При этом площадка контакта очень мала, а контактные напряжения соответственно высоки. Это обстоятельство сильно ограничивает "несущую способность" передач, т.е. не позволяет передавать большие вращающие моменты.

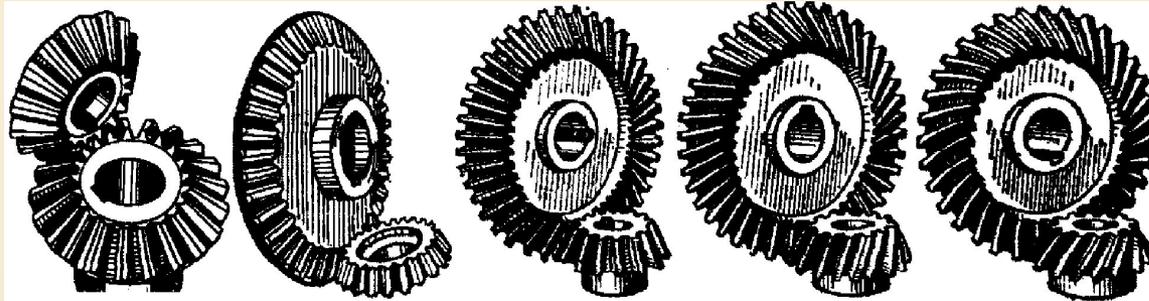


Решая проблемы проектирования тяжёлых тихоходных машин, таких как трактора и танки, М.Л. Новиков в 1954 году разработал зацепления, в которых выпуклые зубья шестерни зацепляются с вогнутыми зубьями колеса. К тому же выпуклый и вогнутый профили (обычно круговые) имеют близкие по абсолютной величине радиусы кривизны. За счёт этого получается большая площадка контакта, контактные напряжения уменьшаются, и появляется возможность передавать примерно в *1,4* , *1,8* раза большие вращающие моменты.

К сожалению, при этом приходится пожертвовать основным достоинством эвольвентных зацеплений - качением профилей зубьев друг по другу и соответственно получить высокое трение в зубьях

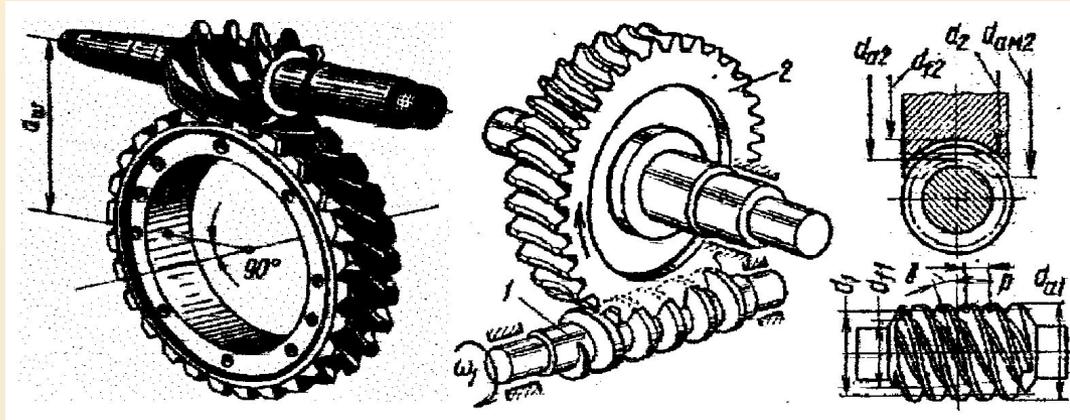
# КОНИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Передают вращающий момент между валами с пересекающимися осями (чаще всего под углом  $90^\circ$ ). Их зубья бывают прямыми, косыми, круговыми и обычно имеют эвольвентный профиль. И хотя, конические колёса сложнее цилиндрических как по своей геометрии, так и в изготовлении, принципы силового взаимодействия, условия работы, а следовательно, и методика расчёта аналогичны цилиндрическим.



# ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Червячная передача имеет перекрещивающиеся оси валов, обычно под углом  $90^\circ$ . Она состоит из червяка – винта с трапецидальной резьбой и зубчатого червячного колеса с зубьями соответствующей специфической формы.



Движение в червячной передаче преобразуется по принципу винтовой пары. Изобретателем червячных передач считают Архимеда.

Достоинства червячных передач:

- большое передаточное отношение (до 80);
- плавность и бесшумность хода.

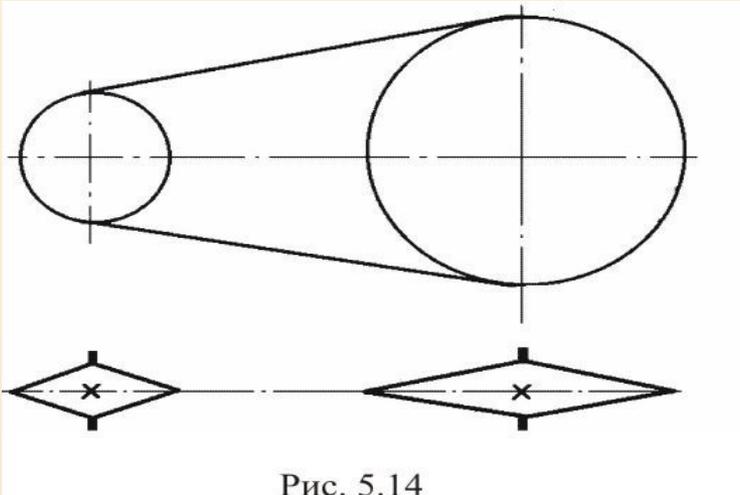
В отличие от эвольвентных зацеплений, где преобладает контактное качение, виток червяка скользит по зубу колеса.

Следовательно, червячные передачи имеют "по определению" один фундаментальный недостаток: **высокое трение в зацеплении**. Это ведёт к низкому КПД (на 20-30% ниже, чем у зубчатых), износу, нагреву и необходимости применять дорогие антифрикционные материалы. Кроме того, помимо достоинств и недостатков, червячные передачи имеют важное свойство: **движение передаётся только от червяка к колесу**, а не наоборот. Никакой вращающий момент, приложенный к колесу, не заставит вращаться червяк. Именно поэтому червячные передачи находят применение в подъёмных механизмах, например в лифтах. Там электродвигатель соединён с червяком, а трос пассажирской кабины намотан на вал червячного колеса во избежание самопроизвольного опускания или падения.

Основные причины выхода из строя червячных передач:

- поверхностное выкрашивание и схватывание;
- излом зуба.

# Цепная передача



Цепная передача, как и ременная, относится к передачам с промежуточным звеном (передача гибкой связью).

Цепная передача (рис. 5.14) осуществляется при помощи бесконечной цепи, охватывающей две (или более) звездочки - колеса с зубьями специального профиля. Она служит для передачи движения только между параллельными валами.

В отличие от ременной передачи цепная передача работает подобно зубчатой - без проскальзывания.

## Основные достоинства цепной передачи:

- компактность;
- меньшая, чем в ременных передачах, нагрузка на валы;
- возможность передачи движения на значительные расстояния до (5-8 м);
- возможность передачи движения одной цепью нескольким валам;
- сравнительно высокий КПД передачи (до 0,98).

## Недостатки цепной передачи:

- увеличение шага цепи (цепь вытягивается) вследствие износа шарниров, что требует применения натяжных устройств;
- более сложный уход по сравнению с ременными передачами (смазка, регулировка, устранение перекоса валов);
- повышенный шум.

Цепные передачи широко применяются в устройствах для обработки материалов, сельхозмашинах и транспортных устройствах.

# Механизмы, преобразующие движение

## 1. Зубчато-реечный механизм

Одним из простых и распространенных механизмов, преобразующих движение, является зубчато-реечный механизм (см. рис. 5.15), состоящий из зубчатого колеса и зубчатой планки с нарезанными на ней зубьями.

Зубчато-реечный механизм можно использовать для различных целей, например, вращая зубчатое колесо на неподвижной оси, поступательно перемещать рейку (в домкрате, механизме подачи сверлильного станка) или, обкатывая колесо на неподвижной рейке, перемещать ось колеса относительно рейки (при осуществлении продольной подачи суппорта в токарном станке).

Основные кинематические закономерности в зубчато-реечном механизме легко обнаружить, если соотнести скорость поступательного движения рейки (или оси колеса - во втором случае) с окружной скоростью колеса. Так как отсутствует проскальзывание, ясно, что эти скорости равны.

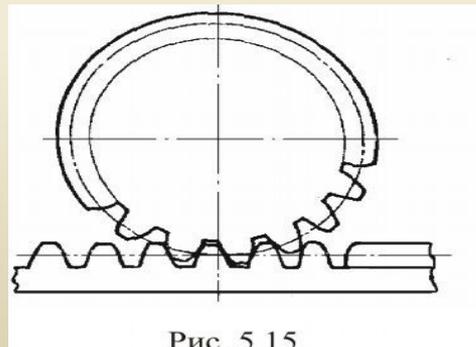
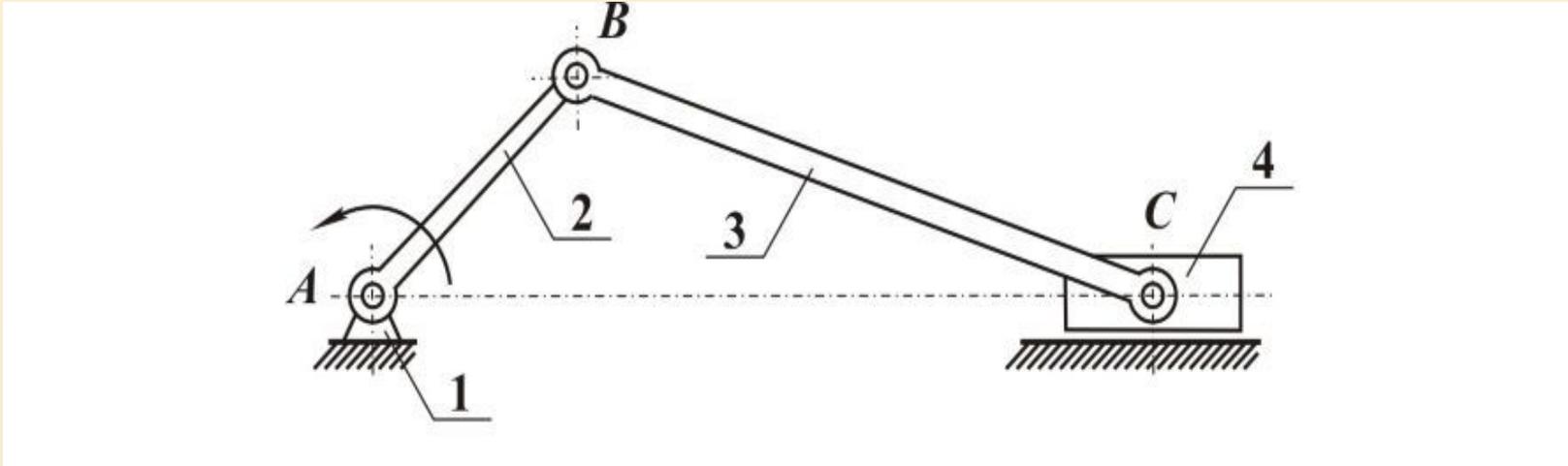


Рис. 5.15

## 2. Кривошипно-шатунный механизм



Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) - один из самых распространенных шарнирно-рычажных механизмов .

Он применяется как для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное (например, механические ножовки, поршневые насосы), так и для преобразования поступательного движения во вращательное (например, двигатели внутреннего сгорания).

Кривошип постоянно вращается, ползун 4 совершает возвратно-поступательное, а шатун 3 - сложное плоскопараллельное движение, стойка 1 является неподвижным звеном.

### 3. Кривошипно-кулисный механизм

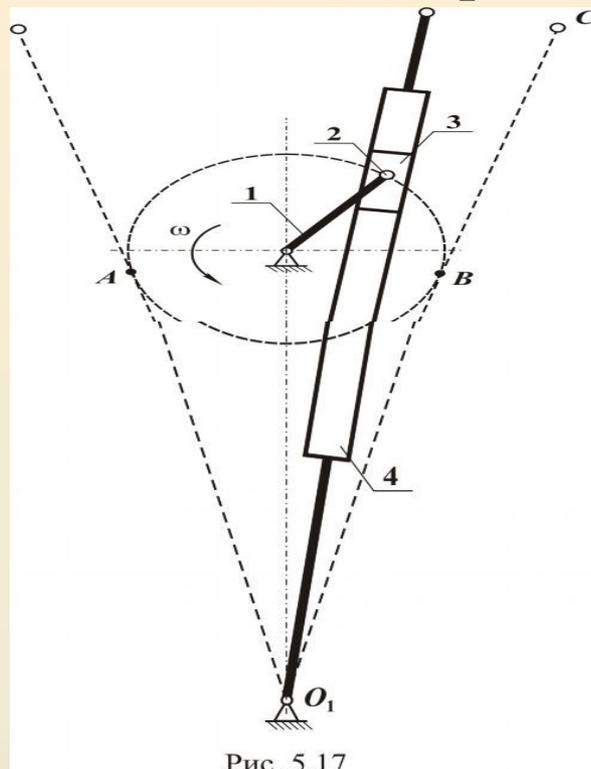


Рис. 5.17

В кривошипно-шатунном механизме скорости движения ползуна, то есть его перемещения от крайнего левого положения до крайнего правого и наоборот, равны. Но в некоторых случаях желательно получить иной закон движения ползуна. Например, в поперечно-строгальном станке необходимо иметь различные скорости рабочего и холостого ходов резца, совершающего возвратно-поступательное движение. Для этого применяют кривошипно-кулисный механизм (рис. 5.17).

Вокруг неподвижной оси вращается кривошип 1, на конце которого имеется палец 2. На палец свободно насажен ползун 3, скользящий в продольном прямолинейном пазу, прорезанном в рычаге 4 (кулисе). При вращении кривошипа ползун скользит в пазу кулисы и поворачивает ее вокруг неподвижной оси.

При перемещении пальца из положения А в положение В кулиса перемещается из крайнего левого положения в крайнее правое, а при дальнейшем перемещении пальца из положения В в А она совершает обратный ход.

## 4. Кулачковый механизм

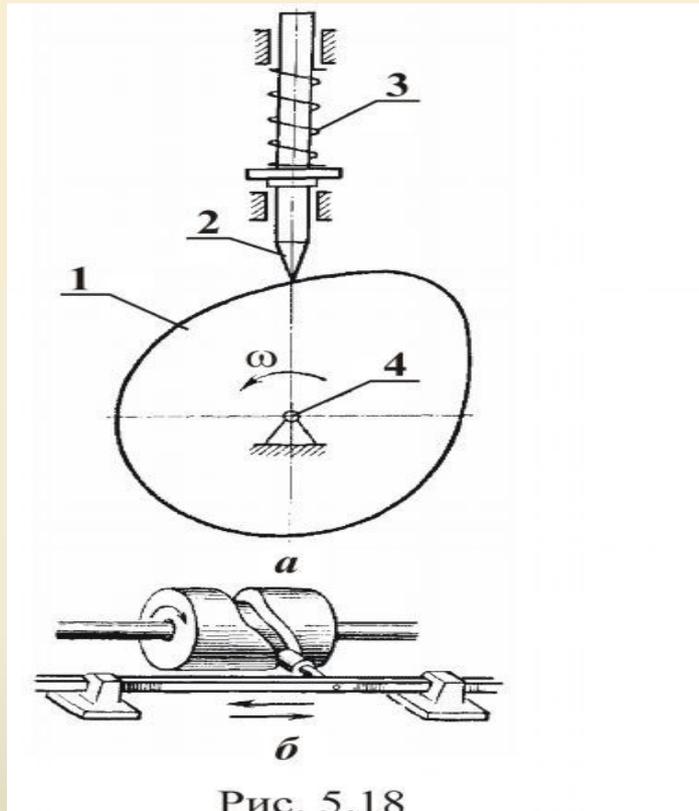


Рис. 5.18

Кулачковые механизмы позволяют осуществлять любой закон ведомого звена при непрерывном равномерном вращении ведущего звена.

Простейший дисковый или плоский кулачковый механизм (рис. 5.18) представляет собой кулачок (диск) 1 с прижатым к нему пружиной 3 игольчатым толкателем (ползуном) 2.

При вращении вала 4 кулачок давит на толкатель, заставляя его совершать возвратно-поступательное движение. Изменяя профиль кулачка, можно как угодно изменять закон движения толкателя и связанного с ним рабочего органа машины. Именно эта особенность обеспечивает широкое применение кулачковых механизмов в металлорежущих станках-автоматах, ткацких станках, полиграфических машинах.

К числу недостатков кулачковых механизмов следует отнести сложность изготовления профиля кулачка, от которого требуется, особенно для скоростных передаточных механизмов, большая точность.

## 5. Винтовые механизмы

Винтовая передача — механическая передача, преобразующая вращательное движение в поступательное, или наоборот. В общем случае она состоит из винта и гайки.

Винтовые передачи делятся на:

1. передачи *скольжения*;
2. передачи *качения*:
  - шариковинтовые передачи качения (ШВП);
  - роликовинтовые передачи качения.



К достоинствам винтовых механизмов относятся:

- простота получения медленного поступательного движения и возможность большого выигрыша в силе, плавность, бесшумность, способность воспринимать большие нагрузки, возможность осуществления перемещений с высокой точностью, простота конструкции.

Недостатками винтовых механизмов являются большие потери на трение и, как следствие, низкий КПД. Во многих случаях применяют винты с углами подъема резьбы, обеспечивающими самоторможение, то есть не превышающими угла трения, при этом КПД винтовой пары ниже 50 %.

## 6. Механизмы прерывистого одностороннего действия

Прерывистое движение в одну сторону чаще всего осуществляется при помощи *храповых и мальтийских механизмов*.

*Храповые механизмы* применяют для осуществления движений подачи инструмента и обрабатываемого материала в различных станках.

Кроме того, их используют в качестве тормозных устройств, препятствующих обратному ходу. Так, храповой механизм в грузоподъемных лебедках предотвращает падение поднятого груза.

Основой храпового механизма служит храповая пара (рис. 5.19), состоящая из останавливаемого звена 1, которое называется храповиком, и останавливающего звена 2, называемого собачкой, или щеколдой. Замыкая оба звена стойкой 3, получаем храповой механизм.

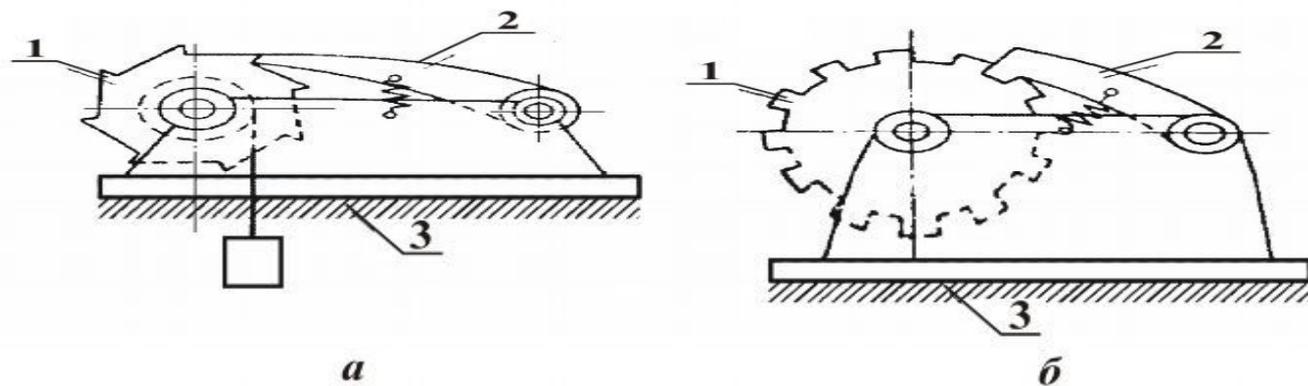


Рис. 5.19

Храповые механизмы делятся на два основных класса:

- 1) механизмы, в которых храповик задерживается собачкой только в одном направлении, а в другом может двигаться и приподнимать собачку (рис. 5.19,а);
- 2) механизмы, в которых храповик затормаживается в двух направлениях.

К этому классу относятся механизмы, имеющие храповики с симметричными зубьями (рис. 5.19,б). Действие такого храповика соответствует работе двух противоположно действующих храповых механизмов.

# Мальтийские механизмы

Мальтийские механизмы (рис. 5.20) применяют для преобразования непрерывного вращения ведущего звена 1 в прерывистое движение ведомого звена 3. Палец 2, закрепленный на ведущем звене 1, последовательно входит в прорези ведомого звена (креста 3). На рисунке показан момент начала движения креста 3. Палец 2 находится в начале прорези. При вращении звена 1 по часовой стрелке палец входит внутрь прорези, приближаясь к оси вращения креста, затем начинает удаляться от оси и выходит из прорези. Пока палец перемещается по прорези, крест поворачивается, а после выхода пальца из прорези крест останавливается. Палец, продолжая вращаться, через некоторое время входит в следующую прорезь креста, и движение повторяется. Если крест имеет четыре прорези, как показано на рисунке, то при одном полном обороте пальца крест поворачивается на четверть оборота.

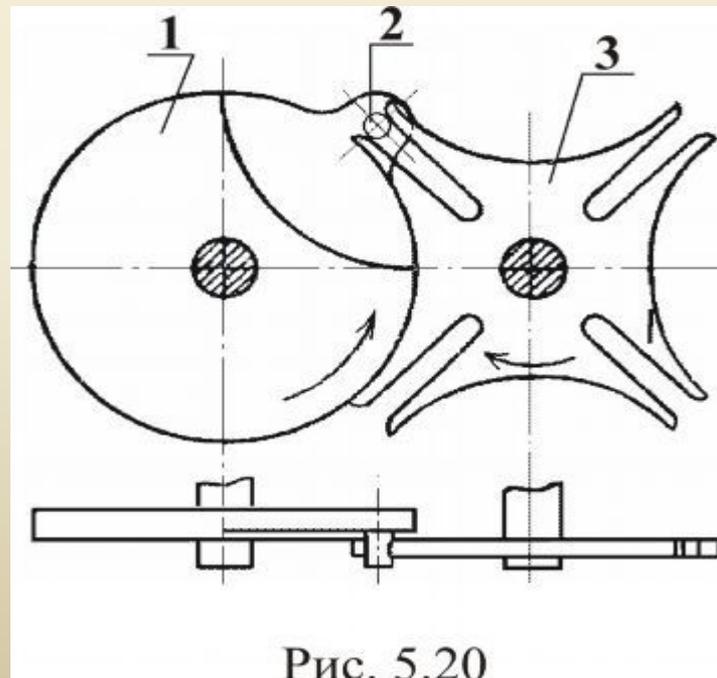


Рис. 5.20

# Детали и сборочные единицы передач вращательного движения

## 1. Валы и оси

Валы и оси - детали, несущие на себе вращающиеся части машины: зубчатые колеса, шкивы, барабаны, звездочки и т. д.

Ось обычно представляет собой сплошное или полое ступенчатое (реже гладкое) тело цилиндрической формы (рис. 5.21).

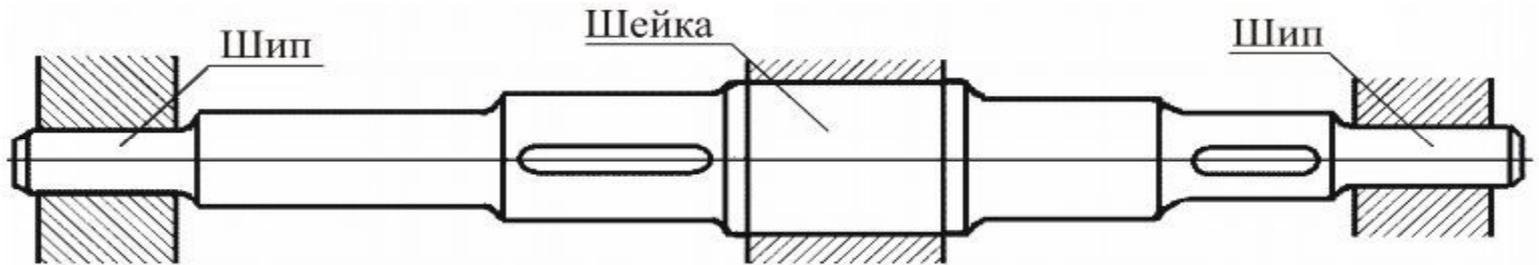


Рис. 5.21

Оси бывают вращающиеся и неподвижные. Например, вагонная ось с закрепленными на ней колесами вращается, а ось велосипеда неподвижна, колесо вращается относительно нее.

Наиболее распространенные – прямые валы, по форме не отличающиеся от осей, но существенно отличаются от них по характеру работы. Одно из отличий - валы не могут быть неподвижными, они обязательно вращаются. Но главное отличие оси от вала состоит в том, что ось только несет на себе части машины, и следовательно, подвергается только изгибу, а валы, кроме того, еще и передают вращающий момент, а значит, испытывают одновременное действие изгиба и кручения. Например, шпиндель токарного станка представляет собой полый прямой вал. Вращающему моменту, который передается на шпиндель от электродвигателя (через промежуточные валы) противодействует момент, создаваемый силой резания. Одна из составляющих этой силы, кроме того, изгибает шпиндель.

## Опоры осей и валов (подшипники)

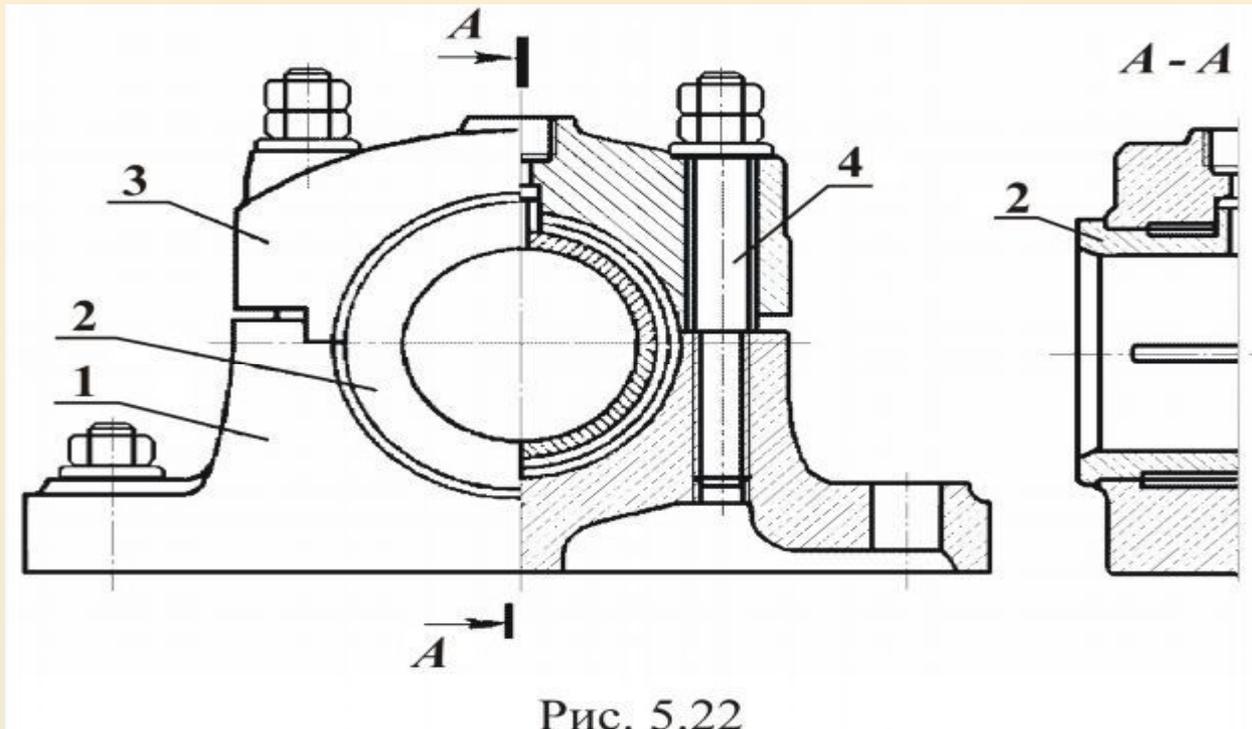


Рис. 5.22

Вращающиеся оси и валы своими шейками - цапфами (рис. 5.22) опираются на неподвижные опоры - подшипники. В зависимости от характера трения между вращающимися неподвижными деталями различают подшипники скольжения и подшипники качения.

## **Подшипники скольжения.**

Простейший подшипник скольжения для цапфы вала выполняется в виде отверстия в станине или корпусе машины, однако после износа он не может быть восстановлен. Поэтому целесообразнее делать подшипники в виде самостоятельного узла - втулки с фланцем. Еще более совершенна конструкция, в которой внутрь такого подшипника запрессовывается втулка из специального антифрикционного материала (например, бронзы), что позволяет при износе заменять не весь подшипник, а только втулку. Наиболее часто, особенно при больших нагрузках, применяют подшипник с разрезной втулкой - разъемными вкладышами (рис. 5.22).

Он состоит из корпуса 1, разъемного вкладыша 2, крышки 3 и болтов 4. Через специальные отверстия в крышке на трущиеся поверхности поступает масло. Такой разъемный подшипник удобно устанавливать на любом участке вала (неразъемный - только на концевой опоре - шипе). Удобство монтажа и демонтажа, а также относительная простота конструкции являются достоинством подшипников скольжения. Однако у них есть и существенные недостатки, в первую очередь - большие потери мощности на преодоление трения скольжения.

### ***Подшипники качения.***

Широкое применение подшипников качения объясняется малой потерей мощности на преодоление трения, а также их унификацией. Подшипник качения (рис. 5.23) состоит из внутреннего 2 и наружного 1 колец, тел качения 3 (в данном случае – шариков) и сепаратора 4. Внутреннее кольцо насаживается на вал, а наружное закрепляется в корпусе.

Между вращающимся и неподвижным кольцами расположены тела качения, удерживаемые на постоянном расстоянии друг от друга сепаратором. В зависимости от формы тел качения подшипники делятся на шариковые, роликовые, игольчатые; а в зависимости от числа рядов тел качения - на одно-, двух-, многорядные. По направлению нагрузок, для восприятия которых предназначены подшипники, различают: радиальные, осевые (упорные) и радиально-упорные.

Все подшипники стандартизированы. В зависимости от соотношения радиальных и осевых размеров их разделяют на серии: мягкую, среднюю и тяжелую.

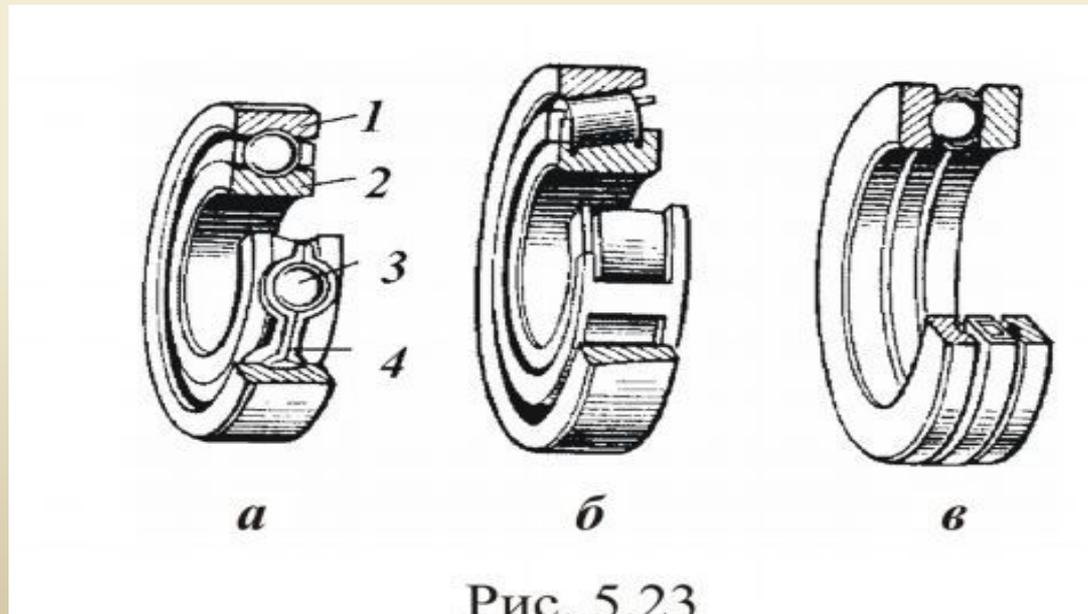


Рис. 5.23

# Муфты

Муфты предназначены для передачи вращения с одного вала на другой, расположенный с ним соосно.

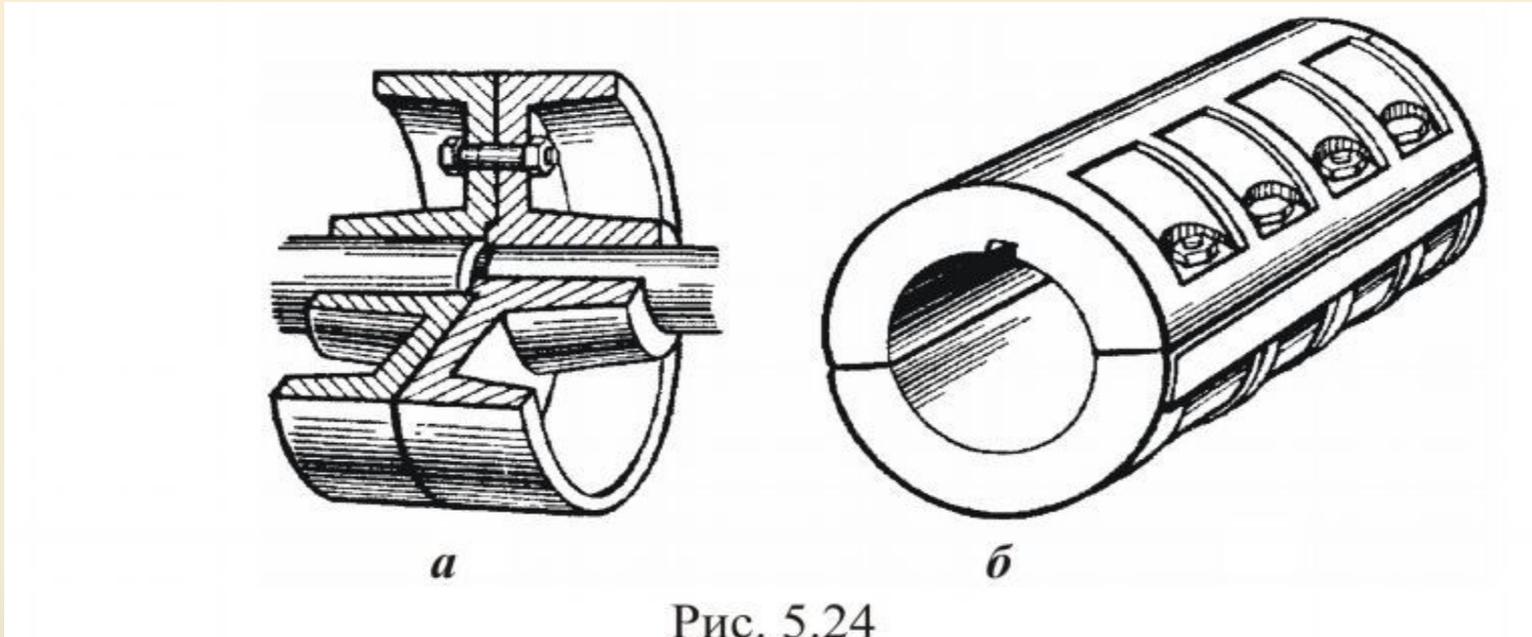


Рис. 5.24

Если муфта рассчитана на постоянное соединение валов, то она называется постоянной. К постоянным муфтам относятся поперечно-свертная (см. рис. 5.24,а) и продольно-свертная (см. рис. 5.24,б) муфты, состоящие из двух полумуфт, соединенных болтами. Вращающий момент передается шпонками. Подобные муфты называются глухими, они просты по конструкции, однако имеют существенный недостаток - необходимо точное центрирование соединяемых валов при сборке.

Этого недостатка нет у компенсирующих муфт. Конструкция их сложнее, однако и возможности шире – они могут соединять валы, имеющие смещения и перекос геометрических осей. Если в такой муфте смещение и перекос валов компенсируются упругими элементами, например стальными пластинчатыми пружинами или резиновыми кольцами, то ее называют упругой, если же упругих элементов нет - муфта называется жесткой. Из упругих компенсирующих муфт наиболее широкое применение получили втулочно-кольцевые (рис. 5.25,а), не менее часто используют жесткие крестово-шарнирные муфты (рис. 5.25,б), состоящие из двух вилок и крестовины.

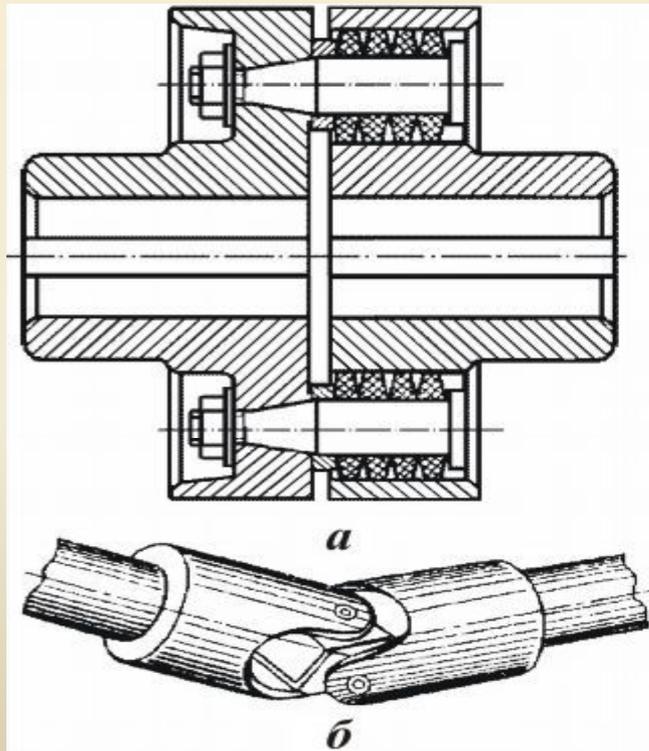


Рис. 5.25

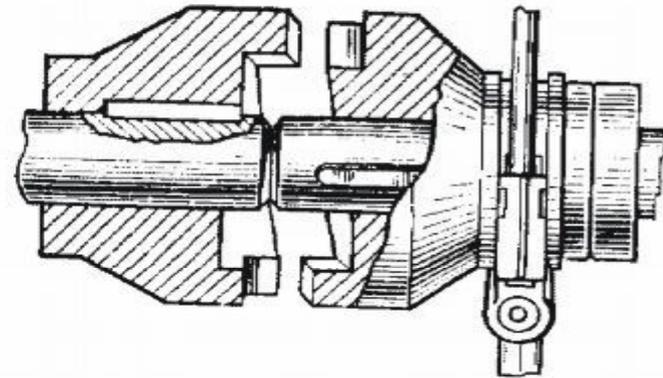


Рис. 5.26

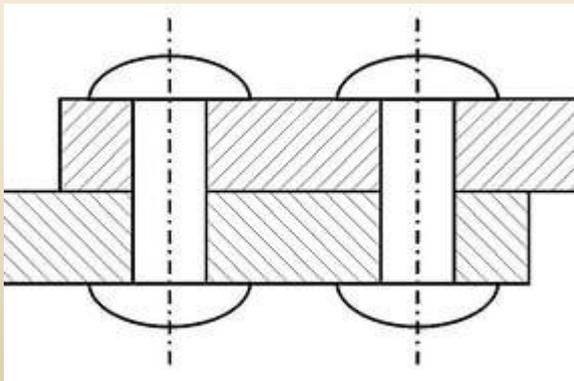
При необходимости в процессе работы многократно соединять и разъединять валы применяют сцепные муфты, из которых наиболее часто применяют кулачковую (рис. 5.26). Одна из полумуфт жестко соединена с валом, а другая может перемещаться вдоль него по шпонке или шлицам. При включении муфты кулачки, имеющиеся на торцевых поверхностях одной полумуфты, входят во впадины другой и передают вращение.

# Соединения деталей

Соединения деталей машин могут быть разъемными и неразъемными. Разъемные соединения (болтовые, шпоночные, шлицевые и т. д.) можно разбирать и вновь собирать без разрушения деталей узла. Неразъемные соединения (заклепочные, сварные и другие) могут быть разобраны лишь путем разрушения сварного шва, заклепок или других элементов.

Заклепочные соединения остаются еще распространенным видом неразъемного соединения при изготовлении металлических конструкций из легких сплавов, для которых еще не разработаны методы надежной сварки.

До недавнего времени заклепочные соединения широко применяли в различных инженерных сооружениях - судах, котлах, мостах, кранах и др. В последние десятилетия область применения таких соединений резко сузилась в связи с развитием методов сварки.



В качестве материала для заклепок используют малоуглеродистую сталь, медь, алюминий и другие, в зависимости от назначения шва и материала склепываемых деталей.

Место соединения листов с помощью заклепок называется заклепочным швом.

По назначению различают заклепочные швы:

- прочные, от которых требуется только прочность конструкции;
- плотные, которые, помимо прочности, должны обеспечивать герметичность конструкции, например: паровых котлов, цистерн.

По взаимному расположению листов различают заклепочные швы внахлестку и встык, с одной или двумя накладками. В зависимости от расположения заклепок швы делятся на однорядные и многорядные. Заклепки могут располагаться в шахматном порядке или параллельными рядами.

# Сварные соединения

В современном производстве в качестве неразъемных соединений широкое распространение получили соединения, осуществляемые при помощи сварки. Сварка - процесс соединения металлических частей путем применения местного нагрева с доведением свариваемых участков до пластического или жидкого состояния.



# Клеевые соединения, соединения пайкой, запрессовкой, заформовкой

## *Клеевые соединения.*

Клеевое соединение применяют для соединения элементов из металла, металла и неметаллического материала (текстолита, пенопласта и др.), неметаллических материалов между собой. Клеевое соединение имеет следующие основные преимущества по сравнению со сварными и заклепочными:

- · возможность надежного соединения деталей из очень тонких листовых материалов;
- · возможность скрепления разнородных материалов;
- · гладкость поверхности клеевых конструкций;
- · отсутствие концентрации напряжений;
- · герметичность;
- · стойкость против коррозии.



Прочность клеевых соединений зависит от конструкции соединения и видов внешних нагрузок, от марки клея, рабочей температуры соединения, времени, соблюдения технологии склеивания. Наибольшей прочностью при прочих равных условиях обладают соединения, работающие на чистый сдвиг или чистый отрыв.

Клеи чрезвычайно разнообразны. В настоящее время существует более ста различных марок, различающихся физико-механическими и технологическими свойствами.